

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO - MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

MOČVARE I NJIHOVA EKOLOŠKA VAŽNOST
WETLANDS AND THEIR ECOLOGICAL IMPORTANCE

Luka Basrek

Preddiplomski studij biologije

(Undergraduate Study of Biology)

Mentor: doc. dr. sc. Zlatko Mihaljević

SADRŽAJ

1	UVOD.....	1
2	DEFINICIJA.....	2
3	NASTANAK MO VARA.....	3
4	FIZIKALNA I KEMIJSKA SVOJSTVA VODE.....	4
5	HIDROLOŠKA SVOJSTVA MO VARA.....	4
6	MO VARNO BILJE.....	5
7	MIKROBIOTA.....	8
7.1	Bakterije.....	8
7.2	Gljive.....	10
7.3	Alge.....	10
7.4	Beskralješnjaci.....	11
7.4.1	Vodeni insekti.....	11
8	MAKROBIOTA.....	11
8.1	Ptice mo varice.....	12
8.2	Ribe.....	13
8.3	Vodozemci, gmazovi I sisavci.....	13
9	PROMJENE U MO VARAMA.....	14
9.1	Makrosukcesija.....	14
9.2	Fluktuacije i mikrosukcesija.....	14
10	FUNKCIJE MO VARA.....	15
10.1	Primarna produkcija.....	15
10.2	Razlaganje mrtve organske tvari.....	16
10.3	Hranidbene mreže.....	16
10.4	Kruženje nutrijenata.....	17
10.4.1	Ciklus ugljika.....	18
10.4.2	Ciklusi dušika i sumpora.....	19
10.4.3	Ciklus fosfora.....	20
11	BUDU NOST MO VARA.....	20
11.1	Gubitak mo vara.....	20
11.2	Degradacija mo vara i invazivne vrste.....	21
11.3	Globalne klimatske promjene.....	21
11.4	Obnova mo vara.....	22
12	LITERATURA.....	23
13	SAŽETAK.....	24
14	SUMMARY.....	25

1 UVOD

Iako ovjek ve jako dugo proučava mo vare, tek krajem 20. stoljeća shvaćamo važnost i specifičnost mo varnih ekosustava. Naime do tada su mo vare pretežno istraživali botanici, ornitolozi i limnolozi koji su se bavili samo dijelom mo vare koji je bio bitan za skupinu organizama kojom su se oni bavili, ne uviđaju i važnost mo vara kao cjeline. Smatralo se da su mo vare prijelazna zona između kopnenih i vodenih ekosustava, a zbog sličnosti sa kopnenim ekosustavima, mo vare su često bile kategorizirane kao vlažne verzije kopnenih sustava ili plitki dijelovi jezera. U ovom radu bit će objašnjeno što su to mo vare, po čemu ih razlikujemo od drugih ekosustava, zašto su važne, te specifičnosti organizama koji žive u njima.

Postoji niz skupina biljaka i životinja koje su specifične za mo vare. Na prvi pogled vidjet ćemo biljke koje strše iz zemlje koja je prekrivena ili je zasićena vodom, ali tu se nalaze i biljke koje plutaju ili se nalaze ispod površine vode. Od životinja, najskarakterističnija skupina su ptice, od kojih su mnoge ograničene samo na mo varna područja. Mo varna područja su dakle područja jedinstvene flore i faune. Mo vare se međusobno jako razlikuju, a izgled najviše ovisi o 2 čimbenika: izvoru vode tj. hidrološkom čimbeniku te o geografskoj lokaciji tj. o geomorfologiji (van der Valk, 2006.).

Mo varna staništa nalazimo na svim kontinentima osim na Antarktici. Pokrivaju površinu od oko $5,5 \times 10^6 \text{ km}^2$. Procijenjeno je da je oko 5% Zemljine površine prekriveno mo varama. Geografska rasprostranjenost je nejednaka, sa velikim mo varnim područjima u arktikom i subarktikom području Sjeverne Amerike, Europe i Azije te područja vezana uz velike rijeke i jezera Južne Amerike i Afrike. Od svih mo varnih staništa oko polovica su tresetišta. Tresetišta se razlikuju od drugih mo varnih staništa po vrsti tla i slojevi se sastoje od djelomično razgrađenih ostataka biljaka, tj. od treseta (van der Valk, 2006.).

Velike površine mo vara (oko 50%) su uništene ljudskom aktivnošću kao što je melioracija, izgradnja brana i kopanje rudnika, a trend uništenja mo varnih staništa se i dalje nastavlja.

2 DEFINICIJA

Termin mo varna obuhvaća veliku raznolikost staništa, od mangrova duž tropske obalne linije do tresetišta koja se nalaze južno od Arktika. Slijede definicije omogućuju prepoznavanje zajedničkih karakteristika između ovih jako različitih ekoloških sustava.

a) Ekološka definicija – Glavni imbenik u mo varnim područjima je voda. U velikoj mjeri, hidrologija određuje kemijska svojstva tla, topografiju i vegetaciju. Sva mo varna područja imaju dotoke vode koji trpe gubitke barem sezonski. Teško je reći i koliko to no vode treba imati neko područje u bilo kojem razdoblju da bi se moglo nazvati mo varnim područjem. Mo varno područje može imati stajaću vodu tokom cijele godine ili samo u jednom dijelu godine. Mo varna područja imaju zajedničke ekološke karakteristike i sa vodenim i sa kopnenim ekosustavima. Ipak, dvije karakteristike zajedno ih čine jedinstvenima. Prva karakteristika je anaerobni sediment. Do anaerobnih uvjeta u sedimentu zasićenom vodom dolazi jer dostupni kisik vrlo brzo biva potrošen. Anaerobni sloj obično nije ograničen samo na dno već i na sloj vode iznad dna, pa je prisutnost kisika limitirajućim imbenikom za mnoge biljke i životinje. Zbog toga, organizmi koji žive u mo varama moraju imati različite prilagodbe, bilo anatomske, morfološke, fiziološke ili pak prilagodbe u ponašanju, koje im omogućuju pronalazak, uzimanje, pohranu i iskorištavanje kisika. Druga karakteristika su velike biljke zajednički nazvane makrofiti. Makrofiti koji habitusom najčešće izgledaju kao kopnene biljke, glavni su primarni proizvođači u mo varnim područjima. Alge su pak najveći primarni proizvođači u vodenim ekološkim sustavima (potoci, rijeke, jezera). Alge mogu biti prisutne i u mo varnim područjima te mogu preuzeti ulogu glavnog primarnog proizvođača. S obzirom da dominiraju makrofiti, vegetacija mo varnih područja ima mnogo toga zajedničkog s vegetacijom kopnenih ekosustava.

b) Meunarodna definicija (definicija Ramsarske konvencije) – 1971. godine održana je meunarodna konvencija o mo varnim područjima u gradu Ramsaru u Iranu, a sazvala ju je IUCN (International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources). Postignut je dogovor o mo varnim područjima od meunarodne važnosti, naročito staništa važnih za ptice mo varice, a taj dogovor je poznat i kao Ramsarska konvencija. Predstavlja okvir za meunarodnu suradnju u očuvanju i pametnom korištenju mo varnih staništa i

njihovih bogatstava. U smislu ove Konvencije mo varna staništa obuhvaćaju područja mo vara, cretova, tresetišta ili vode, kako prirodna tako i umjetna, stalna ili povremena, sa stajaćom ili tekućom vodom, slatkom, obilnom ili slanom, uključujući i područja morske vode duboke do 6 metara za vrijeme oseke.

(http://www.dzzp.hr/projekti_crowet.htm#ramsar)

3 NASTANAK MO VARA

Za nastanak mo vara najbitnije je da postoji stalni izvor vode. Kako bi voda ostala u mo vari, mo vare moraju biti na nižoj nadmorskoj visini od okoline. Glavni izvor vode određen je geomorfološkim karakteristikama područja i lokalnim klimatskim uvjetima, a ne određuje samo količinu vode koja je prisutna i vrijeme kada će biti prisutna, već određuje i kemijske karakteristike vode, a to je vrlo bitno za biološki sastav mo varnog ekološkog sustava. Primjerice, mo varno područje čiji glavni izvor vode su padaline imaju već znatno drukčija svojstva od onog čiji se izvor nalazi u podzemlju.

Moguće je i prelazak područja na višoj nadmorskoj visini u mo vare ako dođe do promjena u hidrologiji tla postaje zasićeno vodom, a taj proces se zove paludifikacija. Paludifikacija može nastupiti ako iz nekog razloga biljke prestanu vršiti transpiraciju, a to se najčešće događa zbog sjenčanja šuma i zbog požara.

Podzolizacija je još jedan mehanizam uspostave mo varnih ekoloških sustava gdje se oksidi željeza i aluminija talože u jedan sloj koji postaje slabo propustan za vodu. Posljedica toga je porast vlažnosti tla i spuštanje pH, što omogućuje vrstama roda *Sphagnum* (mah tresetar) da se nasele što dodatno smanjuje drenažu vode i povećava zasićenje tla vodom. Smanjuje se intenzitet razgradnje organskih ostataka zbog niskog redoks potencijala i niskog pH. Na taj način iz kopnenih ekosustava nastaje tresetište. Ako se paludifikacija nastavi mogu se formirati spuštene ili uzdignuta tresetišta. Kako se tresetišta sve više šire, vegetacija u njima lokalno se dijeli u zone uslijed razvoja topografski nepravilnog sustava, kemijskog gradijenta u vodi i dotoka vode u tresetište (van der Valk, 2006.).

Velika populacija dabrova može uzrokovati nastanak mo vara na način da izgradnjom brana stvaraju niz plitkih rezervoara vode. Ako rezervoari opstanu duže vrijeme, dolazi do sedimentacije i naseljenja mo varnim biljkama. Ako se to dogodi, dabrovi će napustiti takva novonastala mo varna područja. U većini slučajeva će tok vode odnijeti neodržavanu branu

te mo varno podru je ne e opstati. Ako je brana dovoljno vrsta ili je tok vode vrlo slab, može se razviti dugotrajni mo varni ekosustav ili pak tresetište, u slu aju da ga nasele vrste koje stvaraju treset (van der Valk, 2006.).

4 FIZIKALNA I KEMIJSKA SVOJSTVA VODE

Voda prekriva 71% Zemljine površine, a svega 3% ukupne koli ine ini slatka voda. Najve i dio vode na Zemlji u tekuenom je obliku. Voda je u tekuenom obliku 770 puta guš a od zraka, a ima i visoku viskoznost, zbog ega pruža veliki otpor za kretanje organizmima koji žive u vodenom stupcu, ali istovremeno pruža potporu plutaju im biljkama, zbog ega one nemaju turgor niti skeletno tkivo, ve koriste vodu kao potporu. Vodene struje izazvane razlikama u temperaturi, vjetrom ili gravitacijom su vrlo važne za kretanje mikroskopski malih organizama. Voda ima visoki toplinski kapacitet zbog ega su promjene u temperaturi manje nego u terestri kim ekosustavima. Ima maksimalnu gusto u na 4°C, a ne na 0 °C, zbog ega led ima za 8% manju gusto u od vode na 4 °C. Zbog tog svojstva led pluta na vodi, a to omogu uje opstanak života tijekom zime u vodenoj sredini. Voda je odli no otapalo pa zbog toga ima ulogu izvora nutrijenata, CO₂, O₂, itd., za biljke, alge i gotovo sve organizme koji žive u njoj. Voda porijeklom iz zemlje ima mnogo otopljenih tvari dok voda porijeklom od padalina ima malo otopljenih tvari.

5 HIDROLOŠKA SVOJSTVA MO VARA

S obzirom da su vode u mo varama plitke, jako su podložne promjenama, a najmanje promjene u razini vode mogu uzrokovati velike promjene u pojedinim mikrostaništima unutar mo vare. S obzirom da koli ina padalina varira od godine do godine, tako varira i koli ina vode u mo varama, posebice u onima iji su glavni izvor vode padaline. Kao odgovor na te promjene, flora i fauna se stalno mora prilago avati novonastalim uvjetima. U nekim klimatskim zonama postoje suho-vlažni ciklusi, gdje ciklus može trajati i do 20 godina, pa se organizmi koji žive u takvim uvjetima moraju prilagoditi.

Za ptice mo varice su suha razdoblja bitna, jer olakšavaju pronalazak hrane, a posebice kad imaju mlade koji još nisu postali samostalni.

6 MO VARNO BILJE

Mo varnim biljkama smatramo one vrste koje normalno nalazimo na mo varnim podrujima, u ili na vodi, ili gdje je tlo potopljeno ili zasićeno vodom dovoljno dugo da se razviju anaerobni uvjeti u zoni korijena, te koje su razvile neke specijalne prilagodbe anaerobnom okolišu (Cronk, Fennessy. 2005).

Neke od prilagodbi su:

1. Mo varne biljke posjeduju niz zračnih komora između lista i korijena, kao adaptaciju na anoksiju, a kroz njih se kisik i drugi plinovi mogu preraspodjeliti između različitih dijelova biljke. Zračne komore mogu zauzimati i do 50% volumena biljke. Zbog tih struktura, emergentne biljke se ponašaju kao cijevi koje povezuju supstrat sa atmosferom. Dio kisika koji dospije u korijen, može difundirati u okolni supstrat i to se naziva radijalni gubitak kisika, a najčešće se događa u mladim korijenima. U submerznih biljaka to nije moguće, pa one primaju plinove difuzijom iz vode. Ti zračni prostori također služe kao rezerva plinova. Zračne komore su često i dobro razvijene u zeljastih biljaka dok drvenaste biljke imaju neke druge prilagodbe poput lenticela i zračnog korijenja. Neke biljke imaju adventivno korijenje koje se razvija uz površinu vode gdje ima najviše kisika. (van der Valk, 2006.).
2. Heterofilija – mo varne biljke često posjeduju dva tipa listova. Podvodni listovi nemaju kutikulu, tanki su i nemaju pupci. Često nemaju cjelovite rubove, kako bi lakše podnosili silu koju stvaraju vodene struje. Listovi iznad površine koji su u doticaju sa zrakom su deblji, te imaju kutikulu i pupci.
3. Vegetativno se razmnožavaju čime nastaju klonovi. Uslijed učestalih promjena u razini vode znatno se smanjuje uspješnost oprašivanja, stvaranja i klijanja sjemenki, te zbog toga vegetativno razmnožavanje povećava šanse za opstankom. U poplavnim godinama bolje uspijevaju biljke s vegetativnim razmnožavanjem dok u suhim godinama bolje uspijevaju neke druge biljke, zbog čega postoje promjene u dominantnim vrstama što nazivamo fluktuacijama (van der Valk, 2006.).

Mo varno bilje dijelimo na:

1. Emergentne biljke – ukorijenjene su u tlo sa bazalnim dijelovima koji uobičajeno rastu ispod površine vode, ali njihovi listovi i stabljike (fotosintetski dijelovi) te reproduktivni organi su u zraku. Većina biljaka ove skupine su zeljaste iako ima i drvenastih. Od svih najčešćih varnih biljaka, ova skupina je najslabija niza terestričkih biljaka, oslanjaju i se na prostor iznad vode za razmnožavanje, a na tlo kao jedini izvor nutrijenata. Često naseljavaju plitka obalna područja gdje su dominantne iz razloga što koriste svjetlost prije nego što ona uspije doći i do plutajućih biljaka (Cronk, Fennessy. 2005).
2. Submerzne biljke (podvodno bilje) – one mogu imati izuzetkom cvijeta, ove biljke provode cijeli život ispod površine vode, a rasprostranjene su u obalnim područjima, estuarijima i u tekucima. Većina ih je ukorijenjena u supstratu iako postoje neke iznimke gdje biljka cijeli život provodi u vodenom stupcu. Fotosintetski organi su ispod vode, listovi i stabljika ne sadrže lignin pa su mekani, listovi su produženi i nalik vrpci ili višedijelni što omogućuje dovoljnu fleksibilnost kako bi mogli podnijeti vodena gibanja bez oštećenja. Općenito, krajnji dio biljke ne dodiruje površinu vode iako većina i dio biljke može ležati neposredno ispod površine u horizontalnom položaju. U većini vrsta cvjetovi se nalaze u zračnom mediju te se oplodnja odvija ili uz pomoć kukaca ili uz pomoć vjetra, a u drugih se polen prenosi pomoću vode. One uzimaju otopljeni kisik i ugljikov dioksid izravno iz vodenog stupca, a mnoge imaju sposobnost korištenja otopljenog bikarbonata (HCO_3^-) za fotosintezu. Biljke koje su zakorijenjene uzimaju većinu nutrijenata iz supstrata iako mogu primiti neke mikroelemente iz vodenog stupca. Biljke bez korijena su u potpunosti ovisne o vodenom stupcu kao jedinom izvoru nutrijenata (Cronk, Fennessy. 2005).
3. Biljke plutajućih listova – to su biljke čiji listovi plutaju na površini dok je njihov korijen usidren u supstratu, a listovi su s korijenom povezani pomoću peteljki ili kombinacijom peteljki i stabljike. Većina vrsta iz ove skupine imaju okrugle, ovalne ili srčolike listove sa cjelovitim rubom, što reducira kidanje, i sa kožastom debelom teksturom koja štiti od herbivora i pretjeranog ulaska vode. Puno, kroz koje zrak ulazi u biljku smještene su samo sa gornje strane lista (Cronk, Fennessy. 2005).
4. Plutajuće biljke – listovi i peteljke plutajućih biljaka slobodno plutaju na vodi, a ako posjeduju korijen, on također slobodno visi u vodi i nije usidren za podlogu. Korijen osim što služi za apsorpciju nutrijenata, služi i kao uteg koji stabilizira biljku. Kreću se na vodi nošene vjetrovom ili vodenim strujama. U ovu skupinu spadaju neke od najmanjih

kritosjemenja a kao što su predstavnici rodova *Lemna* i *Wolffia*. Naj eš e se razmnožavaju vegetativno (Cronk, Fennessy. 2005).

Vodeno bilje je osnova hranidbenih lanaca i kao takvo ključno je za protok energije u ekološkom sustavu. Kroz proces fotosinteze, vodeno bilje povezuje anorganski okoliš sa onim organskim. Neke vodene biljke imaju visoku primarnu proizvodnju koja se može uspoređivati sa onom u tropskim kišnim šumama. Za razliku od kopnenih ekoloških sustava, većina proizvedene organske tvari se ne koristi kao hrana herbivorima, već se prosljeđuje u detritivorne hranidbene lance. Vodeno bilje čini ključna staništa za mnoge organizme kao što su epifitske bakterije, perifiton, makroskopski beskralješnjaci i ribe. Vrlo snažno utječe na kemijski sastav vode, djeluju i dvojako, kao odvodi nutrijenata uzimaju i ih i troše i, te kao crpke nutrijenata, premještaju i tvari iz sedimenta u vodeni stupac. Njihova sposobnost poboljšavanja kvalitete vode kroz uzimanje nutrijenata, metala i drugih zagađivača je dobro istražena. Submerzne biljke u vodu otpuštaju kisik kojeg zatim drugi organizmi koriste za respiraciju. Isto tako stabiliziraju obalu, smanjuju i eroziju. Vegetacija može kontrolirati vodni režim na razne načine, kao što su nakupljanje treseta, bacanje sjene na vodu (što utječe na temperaturu vode) i transpiracija. Primjerice, močvarne biljke mogu graditi treset do trenutka kad površinska voda više ne dotječe u močvarno područje.

Močvarne biljke imaju veliki utjecaj na fizikalna (temperatura, prodiranje svjetla, karakteristike tla) i kemijska obilježja močvara (otopljeni kisik, dostupnost nutrijenata), te čine bazu za sve biološke sustave močvarnih područja. One su predvodnici produkcije ekoloških sustava i ciklusa nutrijenata, djelomice iz razloga što zauzimaju granično područje između u sedimenta i vodenog stupca. Iako su neke od prilagodbi koje posjeduju močvarne biljke pronađene i u srodnih terestričkih vrsta, mnoge značajke su jedinstvene ili ako ih nalazimo i drugdje, u močvarnih biljaka su dostigle visok stupanj (Cronk, Fennessy. 2005).

Zeljaste biljke mogu iz godine u godinu mijenjati brojnost i veličinu individualnih biljaka ovisno o uvjetima koji vladaju te godine. Kao rezultat velikih promjena neke vrste mogu izumrijeti te druge vrste zauzmu njihovo mjesto. Kao odgovor na novonastale uvjete postoje tri vrste promjena: rast biljaka što dovodi do povećanja biomase, fluktuacije (promjene u gustoći pojedinih biljnih vrsta iz godine u godinu kao odgovor na promjene u uvjetima) i mikrosukcesija (uspostavljanje novih i izumiranje postojećih vrsta kao odgovor na promjene).

Neke biljke imaju alelopatiju, tj ispuštaju tvari koje spreavaju rast ili klijanje drugih vrsta. Drugi imbenici koji mogu ograničiti neke vrste ili smanjiti njihovu gustoću su herbivori i patogeni. Također, problemi u rasprostranjivanju dijaspore mogu ograničiti neku biljku na određeno područje iako su uvjeti povoljni i na drugim lokacijama (van der Valk, 2006.).

7 MIKROBIOTA

U mikrobiota spada većina mikroorganizama i organizama jedva vidljivih golim okom, a prisutni su i u drugim vodenim ekološkim sustavima, ne samo u močvarama. Osim mikroorganizama u mikrobiota ubrajamo i beskralješnjake, koji su vrlo često vidljivi golim okom. Makroskopske životinje za život u močvari moraju razviti posebne prilagodbe, pa je većina i postotak tih vrsta specifičan za močvare. Iako mikrobiota nisu specifični za močvare, njihova važnost u ekološkom sustavu je vrlo velika. Igraju važnu ulogu u hranidbenim mrežama i u ciklusima nutrijenata.

7.1 Bakterije

Veličine su 0,5-2 μm . Klasificiraju se s obzirom na metabolizam. Bakterije koje nalazimo u močvarama su jednake onima koje nalazimo u jezerima i vodotocima sliče im kemijskih karakteristika. Mogu biti slobodno plutajuće, ili se mogu nalaziti na biljkama ili tlu, ili pak u samom sedimentu. Imaju visoku stopu metabolizma i kratak reproduksijski ciklus, a oboje je ovisno o temperaturi. U močvarama nalazimo većinom saprofitske bakterije te mnogo rjeđe fotosintetske. Neke od njih su poznate kao patogeni. Od fotosintetskih srodnika, dosta su česte cijanobakterije (van der Valk, 2006.).

U močvarama su prisutne heterotrofne i autotrofne bakterije. Heterotrofne bakterije koriste organske tvari iz okoliša kao izvor energije i kao sirovinu za sintezu staničnih komponenti. Igraju i važnu ulogu u razgradnji mrtvih organizama. Autotrofne bakterije koriste C-1 molekule (CO_2 , metan, metanol) kao izvor ugljika. Razlikujemo fotoautotrofe koji koriste sunčevu energiju dok kemoautotrofi oksidacijom anorganskog supstrata dobivaju energiju. Neke bakterije su i autotrofi i heterotrofi, pa ih nazivamo miksotrofi.

Postoje dva oblika metabolizma:

a) disimilacija – Postoji pet osnovnih načina dobivanja energije tj. disimilacije u bakterija: fotosinteza, fermentacija, aerobno disanje, anaerobno disanje i metanogeneza. Anaerobno disanje i metanogeneza su specifični za bakterije.

Fotosinteza se može odvijati na dva načina: uz prisustvo kisika (oksigena fotosinteza) i bez prisustva kisika (anoksigena fotosinteza). Za oksigenu fotosintezu, gdje se iz CO_2 i molekule H_2O dobiva molekula šećera potrebna je neka od molekula klorofila i prisustvo izvora energije. Među bakterijama i njihovim srodnicima, jedino cijanobakterije mogu vršiti oksigenu fotosintezu. U anoksigenoj fotosintezi, H_2S se može koristiti kao elektron donor tj. kao reduens. Kao rezultat akumulacije žive i mrtve organske tvari nastale fotosintezom, mogu se kemijski reducirana staništa. Heterotrofi koriste energiju pohranjenu u reduciranim organskim molekulama njihovom oksidacijom (van der Valk, 2006.).

Fermentacija je aerobni proces u kojem se organski supstrat sekvencijalno transformira i u kojem nema vanjskog elektron akceptora. Fermentacija rezultira sa malim količinama energije u odnosu na disanje. Konačni produkt fermentacije je etanol ili laktat. U aerobnom disanju, krajnji akceptor elektrona je kisik. Ovaj proces rezultira sa najviše energije od svih procesa, a jednak je aerobnom disanju u gljiva, algi, viših biljaka i životinja. Većina bakterija oksidira organsku tvar ali postoje i bakterije koje oksidiraju anorgansku tvar i zovu se kemoautotrofi. U ovom slučaju postoje četiri važne skupine kemoautotrofnih bakterija: metanogene, nitrificirajuće, sulfid oksidirajuće i željezo i mangan oksidirajuće. Metanogene bakterije oksidiraju metan do ugljičnog dioksida, nitrificirajuće bakterije oksidiraju amonijak do nitrata u dva koraka, sulfid oksidirajuće bakterije oksidiraju sulfid do sulfata, a željezo i mangan oksidirajuće bakterije oksidiraju ferrous ion (Fe^{2+}) i reducirani oblik mangana (Mn^{2+}) do njihovih oksidiranih oblika ferri iona (Fe^{3+}) i Mn^{3+} . Oksidacija Fe i Mn se može odvijati bez bakterija uz prisustvo kisika (van der Valk, 2006.).

U anaerobnom disanju postoji vanjski terminalni akceptor elektrona, ali to nije kisik. To mogu biti nitrat, sulfat te oksidirani oblici željeza i mangana.

b) asimilacija - bakterijama su potrebni razni elementi (C,O,N,H,P,S) kako bi mogle sintetizirati različite spojeve nužne za život (šećeri, aminokiseline, nukleinske kiseline, enzimi, proteini, itd.). Kad je za uzimanje tih elemenata potrebna energija, tada se to naziva asimilatorni metabolizam. Najbitniji proces asimilacije odvija se tijekom oksigene fotosinteze gdje se ugljik dioksid asimilira u organsku molekulu tijekom Calvinovog ciklusa. Fiksacija dušika (asimilacijska redukcija N_2) može se odvijati samo u anaerobnim

uvjetima, jer kisik uništava jedan od enzima koji sudjeluju u fiksaciji, dinitrogenaza reduktazu. Cijanobakterije mogu fiksirati dušik i uz prisustvo kisika zahvaljuju i posebnim stanicama – heterocistama (imaju debeli ovoj koji sprječava ulazak kisika u stanicu). Neke bakterije koje fiksiraju dušik ulaze u simbiozu sa biljkama, posebice onima iz porodice *Fabaceae*. U anaerobnim uvjetima bakterije mogu fiksirati amonijak, a u aerobnim uvjetima mogu asimilirati nitrata koje onda reduciraju do amonijaka. (van der Valk, 2006.).

7.2 Gljive

Postoje parazitske i saprofitske gljive, a neke mogu biti oboje, ovisno o uvjetima. Ekološki, igraju vrlo važnu ulogu u razgradnji biljnih i životinjskih ostataka. Imaju sposobnost razgradnje velikih organskih polimera kao što su hitin, celuloza, pektini, hemiceluloza i škrob. S obzirom da bakterije koje žive u anaerobnom supstratu ne mogu razgraditi složene organske polimere, a gljive tamo nisu prisutne, razgradnja organskih tvari je vrlo spora. Gljive ne mogu opstati u tom supstratu iz razloga što su bakterije kompetitivnije za kisik, pa i ono malo kisika što ima gljive ne mogu dobiti.

7.3 Alge

Filogenetski su odvedenija grupa fotosintetskih organizama koje nalazimo u svim vodenim ekološkim sustavima. Postoje malene alge koje ne možemo vidjeti golim okom pa sve do velikih kolonija velikih nekoliko metara. To su “jednostavne” eukariotske biljne stanice koje imaju klorofil *a* kao fotosintetski pigment i u pravilu imaju slobodne reproduktivne strukture. Tu ne spadaju modrozelenice alge (cijanobakterije) jer su one prokarioti, pa ih zbog toga smatraju fotosintetskim bakterijama.

Plankton se najviše dijelom sastoji od algi i beskrležnjaka i njihovih razvojnih stadija. Alge su fitoplankton, a beskrležnjaci koji plutaju u vodenom stupcu su zooplankton. Osim u planktonu, alge nalazimo u perifitonu (alge pri vrhu na neku biljku ili površinu ispod vode) i metafitonu (na površini vode, nisu pri vrhu). Perifiton se ponekad koristi kao termin za neplanktonske alge.

7.4 Beskralješnjaci

Najbitniji beskralješnjaci su mahovnjaci, žarnjaci, spužve, plošnjaci, kolnjaci, obli i, mekušci, koluti avci, razli iti pauci, insekti te rakovi. Nalazimo ih u bentosu, u vodenom stupcu (plankton i nekton), na i u biljkama, na kamenju i u sedimentu. Ve ina ima kompleksne razvojne cikluse sa više stadija. Za njih, kao i za druge životinje, glavni problem je nedostatak kisika u vodenom stupcu i u sedimentu.

7.4.1 Vodeni insekti

Najbitnije skupine insekata u mo varama su Ephemeroptera (vodencyjetovi), Odonata (vretenca), Plecoptera (obal ari), Hemiptera (polukrilci), Coleoptera (kornjaši), Diptera (dvokrilci) i Trichoptera (tulari). Njihovi raniji razvojni stadiji su obi no vrlo dobro prilago eni na život u vodi dok odrasli obi no žive izvan vode. Prilagodbe koje posjeduju li inke: preobrazba udova u spljoštene veslolike strukture, dlake na nogama kako bi pove ali površinu, produljenje tijela li inke koje omogu uje crvoliko kretanje kroz supstrat, snažne kukice koje im omogu uju penjanje po kamenju i po biljkama, neke vrlo egzoti ne prilagodbe kao primjerice mlaz iz rectuma kod li inki vretenaca. Najvažniji problem s kojim se vodeni insekti suo avaju je kako do i do kisika. Postoje 2 skupine kukaca s obzirom na na in na koji se opskrbljuju kisikom. Prva skupina kukaca udiše zrak, a druga iskorištava kisik iz vode (van der Valk, 2006.).

Li inke dipterske skupine *Chironomidae* najbolje su prilago ene na smanjene koncentracije kisika. Osim što posjeduju hemoglobin koji zna ajno pove ava iskorištenje kisika u uvjetima jako male koncentracije kisika, li inke mogu postati inaktivne na par tjedana ili mjeseci. Žive u sedimentu i procjenjuje se da ih može biti par tisu a po m² mo vare, a važna su hrana za mnoge ribe i ptice (van der Valk, 2006.).

8 MAKROBIOTA

U makrobiota mo vara ubrajamo ptice, ribe, gmazove, vodozemce i sisavce. Makrofiti i makrofauna mo vara se razlikuju po tome koliko esto ih nalazimo u mo varnim podru jima i

prema tom kriteriju podijeljeni su u četiri skupine: obligatni, amfibijski, fakultativni te vrste koje slučajno dospiju u močvaru

Obligatne vrste nalazimo ili u vodenom stupcu ili na potopljenom sedimentu. To su vrste koje ne mogu preživjeti bez vode, osim u nekom mirujućem stadiju. Organizme iz ove skupine, primjerice ribe, često nalazimo i u drugim vodenim ekosustavima. Mnogi makrofiti spadaju u ovu kategoriju.

Amfibijske vrste provode barem dio svog života u vodi, a dio na kopnu. Ovo je vrlo velika i raznolika skupina koja uključuje vodozemce, gmazove i ptice.

Fakultativne vrste su one koje možemo naći i u močvarnim i u kopnenim ekološkim sustavima. Razlikuju se od amfibijskih vrsta po tome što nemaju niti jedan životni stadij koji nužno mora provesti dio života u vodi. Zbog toga kod isušivanja močvara fakultativne vrste preživljavaju, a amfibijske ne (van der Valk, 2006.).

8.1 Ptice močvarice

Različiti tipovi vegetacije u močvarama pružaju niz mikrostaništa koje ptice mogu iskoristiti kao izvor vode, hrane i kao sklonište. Tijekom evolucije, mnoge su se vrste ptica prilagodile na različita močvarna mikrostaništa. Zajednički nazivom te ptice zovu se ptice močvarice, a obuhvaćaju ronce, gnjurce, patke, guske, labudove, aplje, rode, ibise, prutke, kulike, ždralove, kokošice, pelikane, plamence, pjevice, koseve, galebove, igre, urline vodomare i grabljivice. Od svih njih, uz močvare se najčešće povezuju patke i urlini. Većina prilagodbi služi za ulazak i izlazak iz močvara (slijetanje na vodu, plivanje, poletavanje sa vode, hodanje po plitkoj vodi te polijetanje sa muljevitog sedimenta) te za uzimanje hrane. Noge su prilagođene plivanju, ronjenju, hodanju po blatu, gaženju po plitkoj vodi te hvatanju plijena. Ovisno o vrsti hrane ključan je oblikom i funkcijom prilagođen ishrani. Vodonepropusno perje je također dosta važna prilagodba. Među močvarnim pticama nalazimo herbivorne (pr. guske), omnivorne (pr. patke) i karnivorne vrste (pr. aplje). Prehrana se često mijenja sezonski, pa tako neke ženke patki tijekom nesenja jaja postaju karnivorne kako bi zadovoljile povećanu potrebu za proteinima. Slične promjene u prehrani može izazvati i mitarenje. Neke ptice poput koseva, palme i trstenjaka gnijezde u močvarama, ali nemaju nikakve posebne prilagodbe za život u močvari. To ukazuje na to da i ptice koje nisu morfološki prilagođene za život u močvarnom staništu pokazuju ovisnost o močvarama, bilo

za hranu ili za gnježenje. činjenica da u močvarama nalazimo gotovo sve vrste ptica ukazuje na njihovu važnost za ptičji svijet (van der Valk, 2006.).

8.2 Ribe

Najveći problemi sa kojima se ribe u močvarama suočavaju su periodi sa vrlo niskim koncentracijama kisika ili bez kisika te periodi sa vrlo niskim vodostajem. Ribe se razlikuju prema toleranciji na nedostatak kisika, pa su tako močvare vrlo selektivne za sastav vrsta koje mogu naći. Prva prilagodba na smanjene koncentracije kisika je migracija u dijelove koji imaju više kisika, a te migracije mogu biti dnevne ili sezonske. Neke ribe odlaze do sloja uz površinu gdje ima najviše kisika kako bi ventilirale svoje škrge, dok druge imaju specijalizirane organe za udisanje zraka. Postoji oko 350 vrsta riba koje mogu iskoristiti kisik iz zraka. Među ribama koje udišu zrak razlikujemo fakultativne vrste, tj. one koje samo u uvjetima niske koncentracije kisika u vodi udišu zrak, te one koje kontinuirano udišu zrak (neke od njih ne mogu iskorištavati kisik niti iz dobro oksigenirane vode). Iz razloga što te ribe moraju stalno biti blizu površine konstantno su izložene predatorima iz zraka. Zbog toga se najčešće skrivaju u zajednicama makrofita. Budući da takve prilagodbe zahtjevaju mnogo energije, močvarne ribe su obično manje od njihovih srodnika iz drugih akvatičkih ekoloških sustava.

8.3 Vodozemci, gmazovi i sisavci

Velika močvarna područja uz rijeke imaju najveću raznolikost kralježnjaka. Žabe i daždevnjaci su vrlo česti stanovnici močvara, ali većinom koriste močvare samo za polaganje jaja, dok odrasli oblici velik dio života provode u kopnenim ekološkim sustavima. Iz razloga što ribe pojedu mnogo jaja i ličinke vodozemaca, većina preferira močvare u kojima ima malo ili uopće nema riba (van der Valk, 2006.).

Mnogi gmazovi provode većinu života u močvarama, primjerice aligatori i kornjake. Močvare su idealna staništa za njih, jer im pružaju idealne uvjete za regulaciju tjelesne temperature. Voda im pomaže da se rashlade, a sunčana mjesta da povise svoju tjelesnu temperature.

Od sisavaca koji se klasificiraju kao vodeni, vrlo malo njih obitava u mo varama. Najve i sisavac kojeg nalazimo u mo varama svijeta je nilski konj, *Hippopotamus amphibius*, a živi u afri kim mo varama. Ve ina amfibijskih i fakultativnih sisavaca u mo varama su maleni. Obi no imaju tanka izdužena tijela i noge prilago ene plivanju, a u mo vare dolaze radi hrane i u vrijeme kad imaju mlade (van der Valk, 2006.).

9 PROMJENE U MO VARAMA

Postoje dugoro ne promjene koje traju par stotina ili tisu a godina i u tom periodu se taloži sediment ili treset što dovodi do promjena u svojstvima tla. Te dugoro ne promjene zovu se makrosukcesija. Kratkoro ne promjene traju par godina ili desetlje a i to su reverzibilne promjene kao što su promjene u razini vode uzrokovane vlažno-sušnim ciklusima. Te promjene nazivamo mikrosukcesivnim i ponekad negativno djeluju na makrosukcesivne promjene jer taloženje organskog materijala može biti reducirano ili ak negativno tijekom sušnih perioda. (van der Valk, 2006.).

9.1 Makrosukcesija

Makrosukcesija se esto naziva okopnjavanjem jer mo vare postaju pli e ispunjavaju i se talogom ili tresetom te se naposljetku pretvaraju u kopneni sustav. U praksi se to vrlo rijetko doga a, a gubitak mo vara prirodnim putem naj eš e je rezultat promjene klime, promjene toka rijeke i promjena u razini mora. U posljednjih nekoliko tisu a godina razlog nestanka ve ine mo vara bilo je isušivanje i va enje treseta ljudskom aktivnoš u. Mo vare su smještene u nizinskim predjelima te skupljaju okolnu vodu ak ako su i ispunjene talogom autohtonog ili alohtonog porijekla.

9.2 Fluktuacije i mikrosukcesija

Ako su promjene u razini vode izme u godina male (manje od 50 cm), tada su fluktuacije, tj promjene u gusto i populacija pojedinih vrsta, primarna vrsta promjene. Ako su promjene ve e (100 cm i više), tada se javlja sukcesija tj. promjena u sastavu vrsta (van der Valk, 2006.).

10 FUNKCIJE MO VARA

To su mjerljive karakteristike mo vara kao što su primarna produkcija, hranidbeni lanci, kruženje nutrijenata, vodni kapacitet i drugo. Postoje i različite koristi koje ljudsko društvo ima od mo vara a to su primjerice: drvo, krzno, riba, patke, treset, reduciranje poplava, pročišćavanje voda i drugo. Makrofiti sakupljaju najveći dio sunčeve energije koja ulazi u mo varni ekosustav te su najveći živi rezervoari fosfora i dušika. Najveći broj funkcija mo vara su posljedica prisustva makrofita (van der Valk, 2006.).

10.1 Primarna produkcija

Živi ili mrtvi biljni materijal prisutan u mo varama, najvećim dijelom porijeklom je od oksigene fotosinteze. Oksigena fotosinteza je redukcija CO₂ do organskih tvari uz pomoć svjetlosne energije zarobljene pomoću klorofila pri čemu je voda reducirana, a vrše ju makrofiti, alge i cijanobakterije. Ukupna količina ugljika fiksiranog fotosintezom kroz neki period naziva se bruto primarnom produkcijom (BPP). Biljke, međutim, vrše respiraciju i na svjetlu i u tami kako bi osigurale energiju potrebnu za rast i život. Zbog toga je količina organskih tvari koje se skupljaju manja od one nastale fotosintezom, za količinu organske tvari potrošene respiracijom (R). To se zove neto primarna produkcija (NPP) i računa se kao:

$$NPP = BPP - R$$

Iako je moguće mjeriti NPP, najčešće se skupe sve biljke koje žive na određenoj površini mo vare te se izmjeri njihova biomasa. Podaci dobiveni mjerenjem biomase su u pravilu manji od NPP iz razloga što u biomasu nisu uračunati gubici zbog herbivora, bolesti i opadanja listova, cvjetova i sl. U biomasu bi trebalo uključiti i podzemne i nadzemne dijelove biljaka, ali najčešće se radi samo sa podacima o nadzemnim dijelovima biljaka. Procijenjena godišnja totalna primarna produkcija jako varira i kreće se od 100 do 9000 g/m². U mo varama koje imaju velike promjene u količini vode iz godine u godinu, biomasa se jako mijenja.

Makrofiti nisu jedini primarni producenti u mo varama. Alge i cijanobakterije također značajno pridonose primarnoj produkciji. Značaj njihove produkcije se često zanemaruje jer alge zauzimaju manji prostor od makrofita. Gledaju i prinos biomase po vegetacijskom

ciklus, alge imaju značajno manju produkciju, ali kad uzmemo u obzir da alge imaju mnogo bržu izmjenu tvari i da imaju više ciklusa godišnje, u mnogim močvarnim sustavima alge mogu imati jednako visoku primarnu produkciju kao i makrofiti. Njihova produkcija jako varira između vegetacijskih zona i od godine do godine.

10.2 Razlaganje mrtve organske tvari

Nakon smrti, ostaci organizama postaju dostupni heterotrofnim bakterijama kao izvor energije. Razlaganje ostataka oslobađa preostalu energiju i kemijske elemente koje su makrofiti i alge asimilirali tijekom života. Količina i kvaliteta organske tvari proizvedene u močvarama uvelike utječe na druge funkcije močvara, posebice na hranidbene lance i kruženje nutrijenata. Organski ostaci su kompleksna smjesa od najjednostavnijih spojeva kao što su monosaharidi i aminoskislone pa do dugolanjanih polimera poput lignina. Bakterije vrlo brzo koloniziraju organske ostatke i kako se broj bakterija povećava, tako se i brzina razgradnje proporcionalno povećava. Kad se lako iskoristive molekule potroše, razina razgradnje pada. Nakon što se mikroorganizmi nasele na organske ostatke dobivamo nerazdvojivu smjesu mikroorganizama i organskih tvari koju nazivamo detritus. Gustoća mikroorganizama može biti stotinu milijuna po cm kvadratnom, pa detritus često ima više fosfora i dušika po molekuli ugljika od netaknutih ostataka. Zbog toga detritus ima mnogo veće hranjive vrijednosti nego sami organski ostaci i njime se hrane mnogi organizmi, koje nazivamo detritivori.

Prije početka razgradnje mikroorganizmi moraju osigurati dovoljno dušika i fosfora iz okoliša. Omjer C:N mora biti manji od 30 da bi mineralizacija mogla poći. U početnim fazama razgradnje organskih ostataka, asimilacija nutrijenata od strane bakterija može nadvisiti otpuštanje nutrijenata tijekom mineralizacije ostataka.

Osim sastava organskih ostataka, na brzinu razgradnje utječu i okolišni čimbenici kao što su pH, temperatura, koncentracija kisika, jer oni utječu na vrstu i količinu prisutnih mikroorganizama. Razgradnja je najviša u aerobnim uvjetima i temperaturi iznad 25 °C.

10.3 Hranidbene mreže

Primarna produkcija močvara podržava mnoge heterotrofne organizme od bakterija pa do nilskog konja. U većini močvara, samo 5-10% biomase makrofita iskorištavaju

“grazeri”(životinje koje brste), ve inom mali sisavci i beskralježnjaci. Neke mo vare služe kao pašnjaci doma im životinjama, pa je u njima mnogo ve i postotak iskorištenja biomase makrofita. Beskralješnjaci koji su “grazeri” i filtratori koriste velike koli ine biomase algi. Ipak, najve i dio biomase proizveden od algi i makrofita postane mrtva organska tvar.

Postoje dva osnovna puta kojima se energija premješta iz jedne trofi ke razine u drugu: autotrofni (herbivorni) i heterotrofni (detritivorni) put. U autotrofnom putu herbivore jedu žive makrofite ili alge. U heterotrofnom putu bakterije jedu ostatke makrofita, algi i životinja, a zatim beskralješnjaci pojedu bakterije. Nekad se smatralo da je heterotrofni put mnogo važniji od autotrofnog, ali nakon što je dokazano da alge nose zna ajan dio produkcije u mo varama, smatra se da je autotrofni put jednako važan ili važniji od heterotrofnog.

Hranidbeni lanci i mreže su najjednostavnije re eno, prikazi tko jede koga.

Postoje tri osnovna na ina analize prehrane heterotrofa:

1. promatranje pojedinih životinja na terenu ili u laboratoriju kako bi vidjeli što jedu
2. prou avanje sadržaja želuca životinja kako bi vidjeli što su pojeli
3. korištenje stabilnih izotopa ili drugih markera koji ostaju stabilni kroz cijelu hranidbenu mrežu

Promatranje životinja i sadržaja želuca su naj eš e upotrebljavanje metode u ve ih organizama poput riba i ptica mo varica. Te metode su korisne za odre ivanje vrste i koli ine hrane koju neka odre ena vrsta jede, ali su neprakti ne za odre ivanje cijele hranidbene mreže. Stabilni izotopi i sli ni markeri mogu nam pokazati prijenos energije i esencijalnih elemenata od producenta do potroša a.

Mnogi organizmi na višim trofi kim razinama mo vara su karnivorne vrste koje se hrane beskralješnjacima i malom ribom (pr. patke i mnoge ptice mo varice). Beksralješnjaci nisu uvijek prisutni u gusto ama koje podupiru te vrste. Mo varne ptice koriste sušna razdoblja, jer kada se spusti razina vode, plijen je dostupniji pa oni lakše mogu prehraniti svoje mlade.

10.4 Kruženje nutrijenata

Ciklusi nutrijenata predstavljaju prikaz gdje su nutrijenti smješteni u mo vari, kako se nutrijenti transportiraju s jednog mjesta na drugo te kemijskih promjena do kojih dolazi. Najbitniji ciklusi nutrijenata u mo varama su ciklusi ugljika, dušika, sumpora i fosfora. Dominantni ciklus je ciklus ugljika.

10.4.1 Ciklus ugljika

Ugljik je najzastupljeniji element u svim živim bi ima te njegov udio iznosi 45-55%. Udio dušika je 2-10%, a udjeli sumpora i fosfora su znatno manji. Najviše nutrijenata u mo varama se nalazi u tlu i u makrofitima. Makrofiti su pumpe nutrijenata koje premještaju sumpor, dušik i fosfor iz sedimenta. Ciklus ugljika je središnji ciklus u razumijevanju zašto je mo varni sediment anaeroban, zašto mo vare pohranjuju ugljik i zašto osloba aju metan i druge stakleni ke plinove. Ciklus ugljika je povezan sa drugim mikrobnim ciklusima, a energija potrebna za transformaciju duši nih i sulfatnih nutrijenata dolazi iz spojeva nastalih u ciklusu ugljika. Najve i dio ugljika u mo varama nastao je oksigenom fotosintezom u algama i makrofitima. Iako je dio te organske tvari pojeden od herbivora, za ciklus ugljika to je samo kratko skretanje sa puta za pretvorbu ugljika u DOC (topljivi oblik koji se izlu uje izravno u vodeni stupac gdje ga mogu uzeti aerobni organizmi i na kraju se mineralizira) ili u POC (Particulate organic carbon compartments – esti ni oblik ugljika koji možemo na i u razli itim oblicima, a s vremenom se razbija u sve manje estice koje mogu biti pretvorene ili u DOC ili u CO₂). Dio POC-a se ne razlaže, ve pada na dno mo vara gdje ga prekrivaju nove naslage organskih tvari i tako dospijeva u anaerobne i reduktivne uvjete. U anaerobnim uvjetima, fermentatori hidroliziraju ve e organske molekule (lignin, celuloza, hemiceluloza) u manje molekule (masne kiseline, acetat, alkoholi,...). Mnogi mikroorganizmi sposobni za anaerobnu respiraciju mogu koristiti te spojeve kao izvor energije oksidacijom do CO₂ dok god je pogodni terminalni akceptor elektrona prisutan. U vrlo reduktivnim uvjetima, kad su ostali terminalni akceptor elektrona potrošeni, metanogene bakterije mogu proizvoditi metan iz produkata fermentacije, ponekad koriste i CO₂ kao elektron akceptor. Mnogo organske tvari u mo varama se naposljetku iskoristi u anaerobnoj respiraciji kao izvor energije, a ta energija služi kao gorivo za transformaciju mnogih kemijskih spojeva u ciklusu dušika i sumpora.

Jedna uobi ajena karakteristika mo vara je visok sadržaj organske tvari u sedimentu u usporedbi sa okolnim terestri kim sustavima, tj. u mo varama se manje organske tvari koja se proizvede svake godine u potpunosti mineralizira. Iz razloga što se mnogo razgradnje odvija u anaerobnim uvjetima, razgradnja je manje u inkovita nego u okolnim kopnenim sustavima.

10.4.2 Ciklusi dušika i sumpora

Oba su podložna redoks reakcijama koje uključuju oksidaciju reduciranih oblika kao što su NH_4^+ i H_2S ili redukciju visoko oksidiranih spojeva poput NO_3^- i SO_4^{2-} . Kao u svim redoks reakcijama, neke se primarno odvijaju u aerobnim uvjetima, a neke u anaerobnim uvjetima. pet najbitnijih takvih reakcija je:

1. Fiksacija dušika – Plinoviti N_2 se može pretvoriti u NH_4^+ . U mo varama su mnoge anaerobne bakterije, neke fakultativno anaerobne bakterije i cijanobakterije, primarni fiksatori dušika. Za taj proces potrebna je energija.
2. Nitrifikacija – Pretvorba NH_4^+ u NO_3^- . Odvija se samo u aerobnim uvjetima. Uobičajeno, jedino mjesto gdje možemo naći NH_4^+ u mo varama je anaerobni supstrat. Ponekad ga možemo naći i u stupcu vode kad difundira iz sedimenta, ili je tu dospio mineralizacijom organskih ostataka, sa površine. U aerobnoj zoni, brzo se oksidira do nitrata u više koraka uz pomoć bakterija (*Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrobacter*).
3. Denitrifikacija – Kad nitrati difundiraju u anaerobnu zonu, nitrati mogu poslužiti kao terminalni akceptori elektrona u anaerobnom disanju mnogih anaerobnih bakterija. Denitrifikacija je pretvorba nitrata u plinoviti dušik (N_2) ili dušikov oksid N_2O . Denitrifikacija trajno uklanja nitrata iz mo vara.
4. Imobilizacija – Pretvorba anorganske forme u organsku uz pomoć biljaka.
5. Amonifikacija – Pretvorba organskog dušika u NH_4^+ , a može se odvijati i u aerobnim i u anaerobnim uvjetima.

Mo vore su dobri odvođi za dušik jer kad povežemo amonifikaciju sa nitrifikacijom u aerobnoj zoni i denitrifikacijom u anaerobnoj zoni, može ukloniti bilo koji oblik dušika iz mo vare pretvarajući ga u plinoviti dušik.

Ciklus sumpora ima mnoge sličnosti sa ciklusom dušika. Različiti kemijski oblici sumpora se mogu naći u mo varama. Sumpor također nalazimo u različitim oksidacijskim stanjima, a s obzirom da je H_2S plinovit, vrlo lako se može odstraniti iz mo vara. U anaerobnim uvjetima, SO_4^{2-} , koji može biti terminalni akceptor u anaerobnom disanju, može se reducirati do H_2S . H_2S često reagira sa željezom te tvori netopivi željezni sulfid.

10.4.3 Ciklus fosfora

Razlikuje se od ciklusa ugljika, dušika i sumpora jer ne uključuje niz redoks reakcija. U prirodi fosfor nalazimo u dva oblika, anorganskom kojeg nazivamo i ortofosfat te organskom. Ciklus fosfora je taložni ciklus. Anorganski fosfat imobilizacijom, tj. kad ga neki organizmi uzmu, prelazi u organski fosfat. Organski fosfat prelazi u anorganski mineralizacijom. Fosfor vrlo brzo nestaje iz mrtve organske tvari jer ga uzimaju mikroorganizmi. I mineralizacija i imobilizacija se mogu odvijati i u aerobnim i u anaerobnim uvjetima. Glavni mehanizmi za uklanjanje anorganskog fosfora iz vodenog stupca su adsorpcija na sediment i ko-taloženje sa karbonatima. Na površini tla ima ograničen kapacitet za vezanje fosfora. Zakopavanje organskih ostataka sa fosforom vezanim na njih čini moguće odvozom za fosfor.

11 BUDUĆNOST MOVARA

Oko 50% svjetskih movara je već izgubljeno, a u nekim regijama izgubljeno je i 99% movara. U zaštiti movara najviše se naglašava važnost movara kao staništa za ptice movarice. Iako su movara do danas prepoznate kao važni i vrlo vrijedni ekološki sustavi, još uvijek su nedovoljno zaštićene i nestaju diljem svijeta. Ne samo da nestaju, već i one koje opstaju postaju sve više degradirane.

11.1 Gubitak movara

U zemljama koje su uvele zakone protiv isušivanja i zatrpavanja movara, gubitak movara se je značajno smanjio. Kako bi se omogućio razvitak movara, potrebno je provesti obnovu movara. U većini zemalja ne postoje zakoni koji sprečavaju uništavanje movara.

Jedan od najinkovitijih programa za očuvanje movara je Ramsarska konvencija. Cilj je Ramsarske konvencije pametno korištenje movara. Ramsarska konvencija je jedini međunarodni mehanizam za zaštitu movara i rezultirao je zaštitom mnogih velikih movarnih područja u svijetu. Do kolovoza 2009. bilo je 149 zemalja potpisnica, 1879

lokaliteta na popisu, ukupne površine 181365679 ha. Kad je osnovana, Ramsarska konvencija je imala za cilj zaštititi ključna staništa za ptice selice. U Hrvatskoj su 4 lokaliteta uvrštena na Ramsarski popis: Lonjsko polje, Crna Mlaka, Kopački rit i donji tok rijeke Neretve.

Iako pretvorba močvarnih područja u poljoprivredna predstavlja jedan od glavnih problema u Africi, Aziji i Južnoj Americi, projekti vezani uz vodu su još jedan veliki problem. Odvođenjem velikih količina vode iz nekih močvarnih sustava vezanih uz rijeke, odvodi se i velika količina sedimenta, te se razina vode spušta. Na kraju razina pada ispod morske, te more počinje ulaziti u rijeku i na kraju uništava slatkovodni močvarni ekološki sustav.

11.2. Degradacija močvara i invazivne vrste

Povećan ulazak nutrijenata u močvare, posebice onih ispranih sa poljoprivrednih površina, promjene u hidrologiji i invazivne vrste, najčešće su uzroci degradacije močvara. Invazivne vrste su vrste koje se povijesno nisu nalazile na nekom području, a svojom aktivnošću su istisnule neke druge vrste koje su prije obitavale na tom staništu. Postoje brojne invazivne vrste, a njihova agresivnost rezultira smanjenjem biodiverziteta.

Močvara Everglade je proučavana kako bi se vidjeli utjecaji ulaska nutrijenata ispranih sa poljoprivrednih zemljišta. Voda koja dolazi sa poljoprivrednih zemljišta je mnogo bogatija nutrijentima, pogotovo fosforom, od vode koja je prije postojanja poljoprivrednih zemljišta tim kanalima ulazila u močvaru, a to je dovelo do istiskivanja nekih vrsta makrofita. Istraživanja su pokazala da je povećani unos nutrijenata glavni razlog tome, ali požari i promjene u hidrologiji također igraju važnu ulogu. Niz postupaka je proveden kako bi se višak fosfora uklonio iz močvara.

11.3 Globalne klimatske promjene

Utjecaji na močvare na dva načina:

1. Promjene u temperaturi i padalinama mijenjaju hidrologiju močvara, a na taj način posredno i floru i faunu.
2. Mogu uzrokovati otpuštanje velikih količina ugljika pohranjenog u močvarama

Mo vare pohranjuju ugljik 10-20 puta brže nego što to ine terestri ki ekosustavi. Taj visoki postotak se javlja zbog sporije dekompozicije u anaerobnim uvjetima i nižih temperatura u borealnim i arktičkim regijama gdje je smješteno najviše mo vara. Zbog toga, danas mo vare sadrže oko 40% sedimentnog ugljika od ukupne količine sedimentnog ugljika. Iako prekrivaju samo 3% površine kopna, tresetišta sadrže oko 25% sedimentnog ugljika. Iako su mo vare važan spremnik za ugljik, ne otkriva se da se mo i pohraniti sav višak ugljika kako bi se razina CO₂ rasti i uzrokovati globalno zatopljenje. Predviđa se upravo suprotno, tj. da se globalno zatopljenje smanjiti period u kojem se mo vare na sjeveru nalaze pod ledom svake godine, izlažu i mo vare kisiku, a to će dovesti do oksidacije ugljika što bi moglo znatno povećati godišnju emisiju CO₂ i CH₄. Procjenjuje se da su mo vare izvor emisije oko 40% CH₄ na Zemlji. Zbog kolebanja u razini vode koja imaju snažan utjecaj na emisiju stakleničkih plinova, pad razine vode bi mogao rezultirati u povećanoj emisiji CO₂ kako se sve više organske tvari oksidira u aerobnim uvjetima, i na taj način smanjiti razinu CH₄.

11.4 Obnova mo vara

Dosad su sve provedene obnove mo vara bile relativno male, obnavljaju i mo vare površine od nekoliko ha. Postoje planovi za obnovu riječnih mo varnih ekoloških sustava površine nekoliko tisuća ili čak desetaka tisuća hektara. Jedan od glavnih kriterija u obnovi i uspostavi novih mo vara je da su prisutne vrste biljaka i životinja koje karakteriziraju mo varu kakvu mi želimo napraviti. Drugi važan kriterij je da to mjesto ima neke od glavnih funkcija mo vara, primjerice da barem 90% fosfora koji dolazi na to mjesto ostaje na tom mjestu. Tresetišta su mo varni ekosustavi koja je najteže obnoviti. Neke obnovljene ili novonastale mo vare nikada neće biti poput onih prirodnih. To je zbog bioloških ili okolišnih prepreka koje ne možemo ukloniti. Zbog toga cilj obnove ne treba biti uspostaviti mo varu koja će biti identična mo vari koja se prethodno nalazila na tom mjestu, već uspostava mo vare koja će osigurati opstanak što većeg biodiverziteta i diverziteta gena.

12 LITERATURA

Arnold G. van der Valk (2006) : The Biology of Freshwater wetlands. Oxford University Press, New York

Julie C. Cronk, M. Siobhan Fennessy (2001): Wetland Plants, Biology and Ecology. Lewis Publishers, New York, str. 4 – 102

Internetski izvori:

http://www.dzzp.hr/projekti_crowet.htm#ramsar

SAŽETAK

Močvare su ekološki sustavi koji imaju mnoge sličnosti i sa vodenim i sa kopnenim ekosustavima. Dvije značajke čine ih jedinstvenima: anaerobni supstrat (nastaje jer bakterije vrlo brzo iskorištavaju dostupni kisik u vodom zasićenim tlima) i prisustvo makrofita. Makrofiti imaju veliki utjecaj na svojstva močvara, jer su glavni primarni proizvođači, a djeluju kao crpke nutrijenata iz supstrata u vodeni stupac, utječu na hidrologiju i smanjuju eroziju tla te čine najveći spremnik nutrijenata, tijekom i nakon života. Razgradnja organske tvari jedan je od ključnih procesa koji se zbivaju u močvarama. Glavni razlagači u močvarama su bakterije i gljive, koje na taj način imaju središnju ulogu u kruženju nutrijenata. Močvare imaju vrlo visok kapacitet pročišćavanja vode i sprečavanja poplava. Za ekologiju močvara su vrlo bitni i beskralješnjaci jer su njihovi razvojni stadiji često glavna hrana većim životinjama kao što su ribe i ptice. Močvare su vrlo bitno stanište za ptice i ribe koje u močvarama pronalaze izvor hrane i mjesto za podizanje mladunaca. Iz razloga što se močvare konstantno uništavaju, a uvijek je često glavni krivac za to, potrebno je zaštititi močvare zakonskim propisima i obrazovati ljude koji žive ili rade u močvarnim područjima, kako bi se spriječio daljnje uništavanje. Također treba unaprijediti tehnologiju obnove močvara.

13 SUMMARY

Wetlands are ecological systems which have many features in common with both aquatic and terrestrial systems. They have two features that together make them unique: anaerobic soil (develops because dissolved oxygen in water saturated soils is quickly depleted by microorganisms) and large plants, collectively called macrophytes. Macrophytes have big influence on wetland properties because they are main primary producers, and they strongly influence water chemistry, acting as both nutrient sinks through uptake, and as nutrient pumps, moving compounds from the sediment to the water column. They influence the hydrology and sediment regime of wetlands, through sediment and shoreline stabilization. They are the biggest reservoir of nutrients during and after their life. Litter decomposition is one of the most important processes in wetlands. Fungi and bacteria have central position in litter decomposition and consequently central position in nutrient cycles. Wetlands have very high capacity of purifying water and in flood control. Invertebrates and their larvae are very important for wetlands ecology because they are often main food for bigger animals like birds and fish. Wetlands are very important habitat for birds and fish because they are good source of food and nesting sites. Because wetlands are constantly being destroyed, and man is often main reason for that, it is necessary to make laws to protect wetlands and to educate people who live or work there. Procedures for restoration of wetlands should be also improved.